



PC(POLYCARBONATE) VALOJOHTEEN VALMISTUSPROSESSIN OPTIMOINTI

Nanocomp Oy Ltd

| | |
|---|----------------------------|
| Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala | |
| Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma | |
| Työn tekijä(t) Samuli Pitkänen | |
| Työn nimi PCvalojohteen valmistusprosessin optimointi | |
| Päiväys 15.8.2018 | Sivumäärä/Liitteet 32/1 |
| Ohjaaja(t) Lehtori Pertti Varis, Samuli Siitonen (Nanocomp) | |
| Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Nanocomp Oy Ltd | |
| <p>Tiivistelmä</p> <p>Tämä opinnäytetyö tehtiin Nanocomp Oy Ltd:n toimeksiannosta. Työn tavoitteena oli tutkia PC-valojohteen valmistusprosessin eri vaiheita, sekä tehdä Excel-taulukko, jossa pystyttiin viikkovalmistusmäärien kautta optimoimaan tuotannon eri vaiheet.</p> <p>Työn teoriaosuudessa käytiin läpi PC-valojohteen tuotantoprosessien eri vaiheet läpi sekä niihin kuuluvia käsitteitä avattiin pienempiin osioihin. Tutkiminen oli lähinnä paikan päällä työnteon ohessa olevia muiden vaiheiden tietojen keräämistä sekä Nanocompin oman datan hyödyntämistä. Tuotantoprosesseja tutkimalla saatiin vankka pohja materiaali-, henkilöstö- sekä tuotantomääristä jokaiseen eri työvaiheeseen. Datat pohjalta luotiin Excel-taulukko tuotannon optimointia varten.</p> <p>Työn tuloksena toimeksiantajalle luotiin työkalu, jonka arvoja muuttamalla pystyttiin optimoimaan eri tuotannon vaiheet, työvuorot sekä materiaalit vaadittavia tuotantomääriä varten.</p> | |
| Avainsanat PC, valojohde | |
| Julkinen | |

| | | | |
|---|-----------|------------------|------|
| Field of Study Technology, Communication and Transport | | | |
| Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering | | | |
| Author(s) Samuli Pitkänen | | | |
| Title of Thesis Optimizing the Manufacturing Process of a PCLight Source | | | |
| Date | 15.8.2018 | Pages/Appendices | 32/1 |
| Supervisor(s) Senior lecturer Pertti Varis, Samuli Siitonen (Nanocomp) | | | |
| Client Organisation /Partners Nanocomp Oy Ltd | | | |
| <p>Abstract</p> <p>This thesis was commissioned by Nanocomp Oy Ltd. The aim of the thesis was to study the various manufacturing process phases of a PCLight chain and to make an Excel table whereby the production steps could be optimized through weekly production quantities.</p> <p>In the theoretical part of the thesis the various phases of the production process of the PC light source were went through and their concepts were opened into smaller sections. The study was mainly about gathering data from other operations while working and using Nanocomp's own personal data. By investigating the production processes, a solid foundation was obtained for material, personnel and production volumes for each different work phases. Based on the data, an Excel spreadsheet was created to optimize production.</p> <p>As a result of the study, a tool was created for the client, whose values could be used to optimize the different stages of production, shifts and materials for the required production volumes.</p> | | | |
| Keywords PC, Light guide | | | |
| Public | | | |

ALKUSANAT

Haluan kiittää Nanocomp Oy Ltd:n Samuli Siitosta sekä Tomi Mannerheimoa insinöörityön aiheesta sekä kattavasta yhteistyöstä insinöörityön toteuttamisen aikana. Kiitokset myös lehtori Pertti Varikselle sekä Kai Kärkkäiselle insinöörityön ohjauksessa.

Kuopiossa 15.8.2018

Samuli Pitkänen

SISÄLTÖ

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | JOHDANTO | 6 |
| 1.1 | Nanocomp Oy Ltd | 6 |
| 1.2 | Työn tavoitteet ja rajaus | 6 |
| 1.3 | Lyhenteet ja määritelmät..... | 7 |
| 2 | NANOCOMP FRONT LIGHT GUIDE | 8 |
| 3 | TUOTANTOPROSESSI | 9 |
| 3.1 | Rullamateriaalit..... | 10 |
| 3.1.1 | Polymetyylimetakrylaatti (PMMA) | 10 |
| 3.1.2 | Polykarbonaatti (PC)..... | 10 |
| 3.2 | Lakan sekoitus..... | 11 |
| 3.3 | Roll to Roll printing | 11 |
| 3.3.1 | Reverse Gravure (R2R)..... | 12 |
| 3.3.2 | Koronakäsittely | 13 |
| 3.4 | Tasomaisuuden mekaaninen parantaminen | 13 |
| 3.5 | Die cut | 14 |
| 3.6 | Pakkaaminen | 16 |
| 4 | LAADUNVALVONTA..... | 17 |
| 4.1 | Visuaalinen tarkastaminen | 17 |
| 4.2 | R2R ja die cut laatumittaukset | 18 |
| 4.2.1 | Smartscope | 18 |
| 4.3 | Optiset mittaukset..... | 19 |
| 4.3.1 | Uniformisuus..... | 19 |
| 4.3.2 | Stray Light..... | 19 |
| 4.3.3 | Värimittaus | 20 |
| 4.4 | Tasomaisuuden parantaminen lämpökäsittelyllä | 20 |
| 4.5 | Spekle tarkastaminen valojigissä | 20 |
| 4.6 | AQL | 21 |
| 5 | TYÖN TOTEUTUKSEN KUVAUS | 22 |
| 6 | OPINNÄYTETYÖ | 23 |
| 6.1 | Lähtöarvojen määrittäminen | 23 |
| 6.1.1 | Tuottavuusprosentti | 23 |

| | | |
|-------|-------------------------------------|----|
| 6.2 | Input sheet..... | 24 |
| 6.2.1 | Lean-ajattelu | 25 |
| 6.3 | Rullapainon tuotanto..... | 26 |
| 6.4 | Die cutin tuotanto..... | 27 |
| 6.5 | Lämpökäsittely..... | 28 |
| 6.6 | Mittaukset | 28 |
| 6.7 | Toimitusaika | 29 |
| 7 | JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO..... | 30 |
| 8 | LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT | 31 |

1 JOHDANTO

1.1 Nanocomp Oy Ltd

Nanocomp on maailmanlaajuinen nano- ja mikrofotoniikkaa suunnitteleva sekä valmistava yritys. 1997 perustettu yksityisomistuksessa oleva teknologian alan yritys keskittyy tarjoamaan mikro- ja nanofotoniikan tuotteita asiakaslähtöisesti valmistaen niin elektroniikkaan, laseriin kuin havainto ja erikoisvalaistuksen alueille. Tuotantomallina toimii R2R eli roll to roll valmistusmenetelmä, joka on kustannustehokasta sekä kyseisellä tavalla saadaan tuotettua mahdollisimman paljon mahdollisimman vähällä ajalla. Die-cut sekä laserleikkausmenetelmät tarjoavat myös suurta valinnanvapautta tuotteiden muodoille. (Nanocomp 2018.)

Nanocompin päätoimipaikka sekä tuotanto ja tuotekehitys tapahtuvat Suomessa. Kuitenkin liikevaihto lähes kokonaan tulee kansainvälisiltä markkinoilta. Nanocompilla on toimistoja myös USA:ssa, Japanissa sekä Hong Kongissa, missä kokeneet insinöörit tarjoavat tukea paikanpäältä asiakkaille, jos heille tulee jotain ongelmia sekä kysymyksiä tuotteista. (Nanocomp 2018.)

1.2 Työn tavoitteet ja rajaus

Opinnäytetyössä käydään tarkasti läpi Nanocompin eri tuotantoprosessit, sisältäen tarvittavat materiaalit toimittajilta, kuinka monta työntekijää tarvitaan mihinkin vaiheeseen sekä miten paljon heidän yleisintä päätuotettaan saadaan tuotettua. Prosessikuvauksen jälkeen olisi tarkoitus tehdä Excel matriisi, jossa pystyttäisiin viikkovalmistusmäärien kautta optimoida sekä nähdä tarvittavat henkilö-, laite ja materiaalimäärät ja niiden kautta tulisi pystyä tarkistamaan tuotannon määrät sekä paljonko työntekijät tuottaisivat keskimäärin. Vaihtoehtoina toimivat kokonaan suomessa valmistaminen sekä rullamuodossa toimitus kiinaan ja loput heidän tekemänä. Päämateriaalina tutkittiin PC-muovia, mutta työssä sivutaan hieman myös vertaillen sitä PMMA- materiaaliin.

Tavoitteena on siis luoda toimiva Excel- taulukko, jota firma voisi käyttää niin oman kuin mahdollisten tulevien tehtaiden kanssa optimoimaan tuotantoaan LEAN-mallia ylläpitämällä.

1.3 Lyhenteet ja määritelmät

R2R = Roll to Roll

DC = Die cut eli muotoleikkaus

AQL = Acceptable quality limit

OQC = Outgoing quality control

PC= Polykarbonaatti, rullamateriaali

PMMA= Polymetyylimetakrylaatti, rullamateriaali

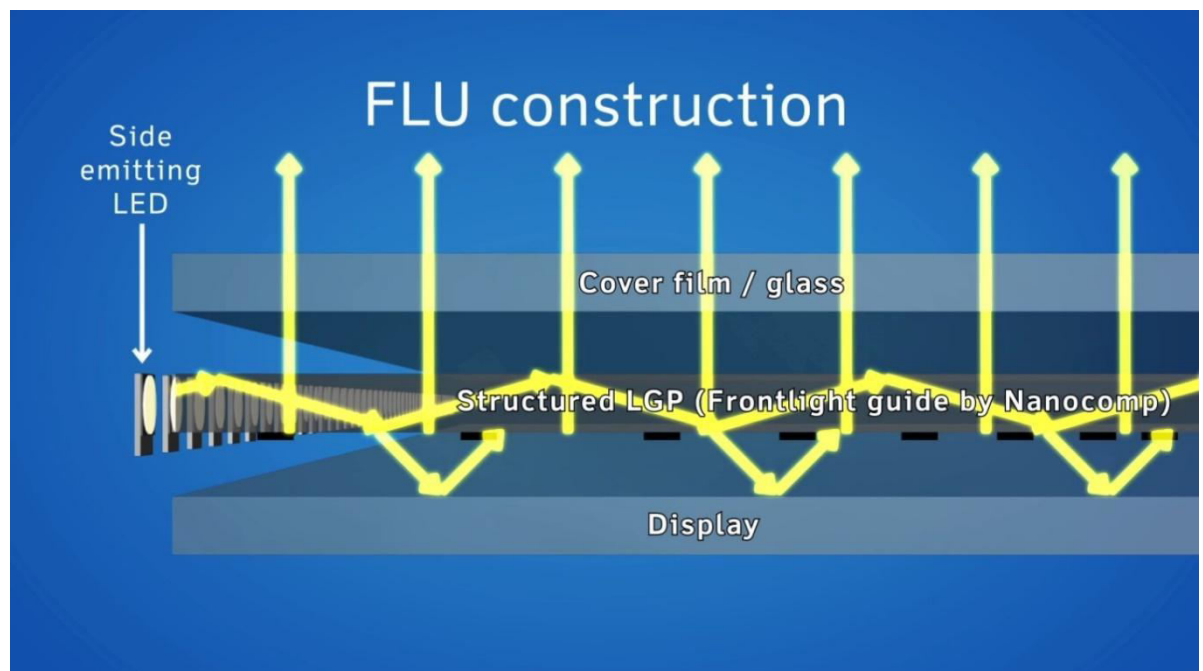
Specle= Pieni likatäppä tuotteen ja suojakalvon välissä. Mikroskooppisen kokoinen.

FLO= Valojigissä tarkastettavat kappaleet

Specsi= Vaadittu standardiraja esim tasomaisuuksiin

2 NANOCOMP FRONT LIGHT GUIDE

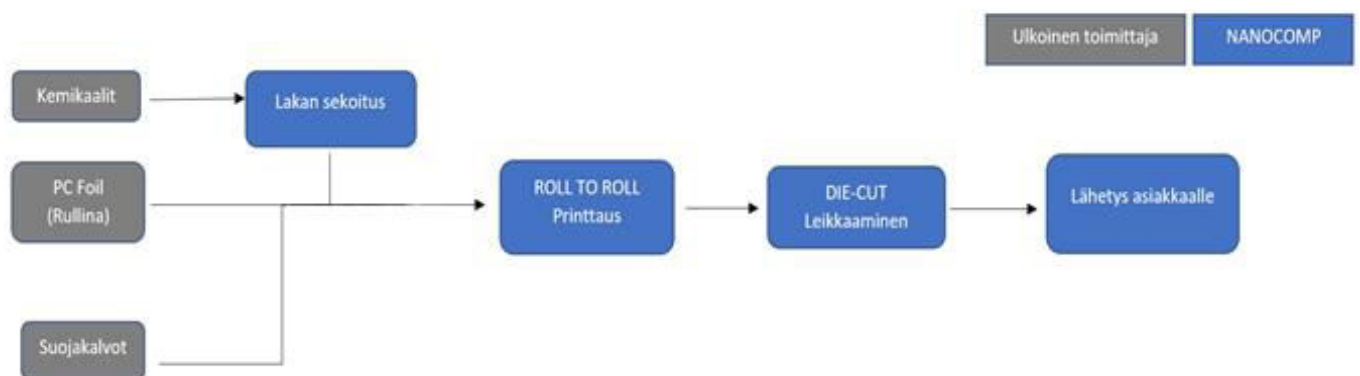
Nanocompin tuotteissa perusmateriaalina toimii joko PC(polykarbonaatti) tai PMMA (polumetyylimetakrylaatti) muovirullat, joihin printataan UV kovetteisella lakalla suunniteltu kuvio. Kuvio on suunniteltu siten, kuinka halutaan valon liikkuvan valojohteessa. Front light valojohdeteknologian ansiosta saadaan näyttö kokonaan valaistua käyttämällä vain yhtä valojohdetta (vertailukohteena esimerkiksi televisiot, joissa valojohdetta on neljä). Tämä siis pidentää huomattavasti laitteiden akunkestoa. Valojohteessa yhdestä päästä kulkeva valo ohjautuu UV-lakassa olevien kuvioiden mukaan eteenpäin pinnassa sekä heijastaen valoa näyttöön ja sen jokaiseen kohtaan.



KUVA 1. Valojohteen toimintaa havainnollistava kuva (Nanocomp 2018.)

3 TUOTANTOPROSESSI

Tässä osiossa perehdytään tarkemmin tuotannon kaikkiin vaiheisiin alusta asiakkaalle asti. Ulkoisilta toimittajilta Nanocomp saa materiaalinsa mihin kuuluvat erilaiset kemikaalit, joista lakkasekoite tehdään sekä suojakalvot eteen/taakse ja PMMA/PCmateriaalirullat mihin itse tuote printataan kiinni R2R-vaiheessa.



KUVA 2. Prosessikaavio tuotannon eri vaiheista (Samuli Pitkänen 2018.)

3.1 Rullamateriaalit

3.1.1 Polymetyylimetakrylaatti (PMMA)

PMMA on lineaarinen kestopuovi, jolla on hyvä mekaaninen kestävyys, korkea kimmokerroin ja pieni murtovenymä. Se on yksi kovimmista kestopuoveista ja sillä on erinomainen naarmuuntumisenkestävyys. Sillä on myös pieni veden absorptio ja kosteuden imeytymine. Edellä mainitut ominaisuudet paranevat lämpötilan noustessa entisestään. (Valuatlas.)

PMMA:n optiset ominaisuudet ovat erittäin hyvät sillä se läpäisee valoa enemmän kuin lasi (jopa 93% näkyvä valo). PMMA ei myöskään suodata UV-valoa, vaan transmittoi sitä jopa 300nm asti sekä infrapuna 2800 nm. (Valuatlas.)

Akryylit kestävät useimpia kemikaaliliuoksia kuten alkaaleja sekä alifaattisia hiilivetyjä. Nanocompin tuotteeseen materiaali sopiikin mainiosti juuri kestävyiden, valon läpäisemisen sekä kemikaalien kestävyiden takia.

3.1.2 Polykarbonaatti (PC)

Polykarbonaatti on läpinäkyvä kestopuovi, joka luokitellaan amorfiseksi tekniseksi muoviksi. Ominaisuuksina PC:llä on pieni tiheys, korkea kovuus sekä suuri iskulujuus. PC:n valonläpäisy on taas 88%.

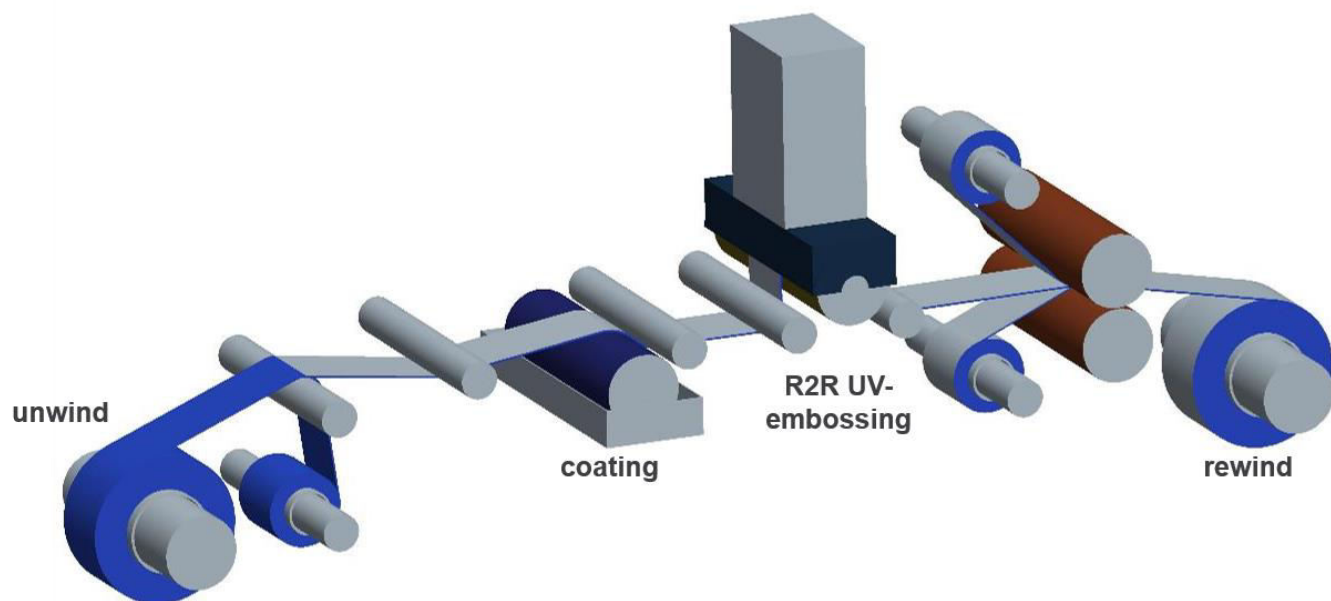
Vertailuna PMMA:n kanssa voidaan todeta että PC:n iskulujuus on 250 kertainen lasiin verrattuna kun PMMA:lla luku on vain 17. PC:llä on myös suurempi lämmönsietokyky (80°C vs 115°C). PMMA on herkempi tekemään chippingiä leikkauksen aikana mutta sen etuina taas on hyvä kemikaalien tarttuvuus sekä hinta, PMMA onkin noin 35% halvempaa kuin PC (CreativeMechanisms.)

3.2 Lakan sekoitus

Lakassa tärkeintä on se, että lakka tarttuu pintaan kiinni hyvin sekä väri. Värin tulisi loppuunsa olla mahdollisimman lähellä luonnon valkoista, ja yleisin ongelma onkin kellertävyys. Tätä ongelmaa vastaan käytetään koronakäsittelyä, mistä lisää työn myöhemmässä vaiheessa. Lakkasekoite ja sen suhteet ovat salattu kokonaan joten tarkempia tietoja ei tähän työhön niistä kirjoitettu.

3.3 Roll to Roll printing

Roll to roll eli lyhennettynä R2R, on menetelmä painoteollisuudesta jossa materiaali on valmistusprosessiin rullalle kelattuna ja kulkee yhtenäisenä prosessin läpi lopuksi kelautuen uudelleen rullalle. Menetelmän ansiosta on mahdollista tuottaa suuria kappalemääriä ilman suurempia menekkejä, sillä prosessi pysyy rullan kanssa yhtenäisenä. Nanocompin massatuotanto perustuu Reverse gravure- pinnoitusmenetelmään.



KUVA 3. Havainnekuva R2R prosessista (Nanocomp 2018.)

3.3.1 Reverse Gravure (R2R)

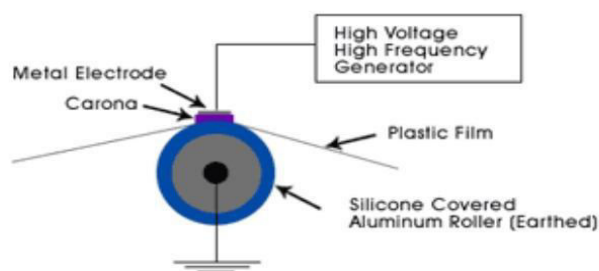
Reverse gravure pinnoituksessa painotela pyörii vastakkaiseen suuntaan kuin raina. Pinnoitusaine siirtyy telan välityksellä rainan pintaan painotelan pyöriessä vastakkaiseen suuntaan rainan kulkusuuntaan nähden. Ohjausrullat määrittävät kuinka suurelta alalta raina on kosketuksissa telaa vasten. Prosessi alkaa asettamalla rulla paikalleen kokonaisuudessaan. Rullapainoprosessissa alkupäässä alakalvo kelataan pois, jonka jälkeen pinnoitetaan replikaatiomateriaali kiinni joka on UV-kovetteinen lakkasekoite.



KUVA 4. Reverse Gravure (Fuji Kikai Koyo co. LTD 2017)

3.3.2 Koronakäsittely

Koronakäsittely on korkeataajuuspurkaus, joka polttaa muovin pinnalta epäpuhtaudet pois, tekee pinnasta hieman karheamman, minkä seurauksena tartuntapinta lisääntyy lakalle. Koronakäsittelyssä elektroneja kiihdytetään muovin pintaan, jolloin ne rikkovat molekyyliketjuja. Tämä prosessi parantaa muovin ja lakan kiinnittymistä toisiinsa heikentämättä pinnan kestävyyttä. Käsittelyä käytetään PC muovin kanssa, jotta saadaan tartuntapintaa lisää, mistä koituu pinnankarheutta jonka specseistä lisää myöhemmin.



KUVA 5. Koronakäsittelyn toimintaperiaate (Ron Jamieson, corona treatment)

3.4 Tasomaisuuden mekaaninen parantaminen

Aging timeksi kutsutaan tasomaisuuden mekaanista parantamista, jolloin rullat jätetään "lepäämään" tietyn aikaa ennen die cut-leikkaamista. Tämän tarkoituksena on minimoida alkusekä loppupään failien syntymistä ($3,5\text{mm} > x > -0,5\text{mm}$). Rulla on siis niin sanotusti ylösalaisin kelattu, jolloin raina on toiseen suuntaan taitettuna, mikä tietyn ajan jälkeen on suoristanut kappaleita molemmista päistä. Kyseinen aika on lukuisien mittausten ja testausten kanssa todettu aika, jolloin saadaan parhaimmat tasomaisuudet ja tässä tapauksessa se on X päivää.

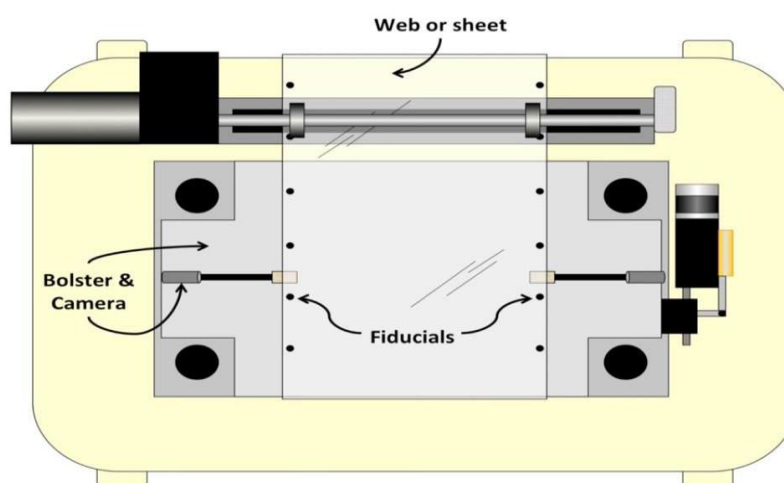
3.5 Die cut

Die cut eli muotoleikkaus on painotekniikan menetelmä, jolla stanssimuottia käyttämällä viimeistellään käsiteltävänä oleva materiaali leikkaamalla se haluttuun muotoon. Nanocomp käyttää leikkaamiseen Precon Advanced Flat bed die cutteria, joka sisältää automatisoidun optisen rekisteröinnin.



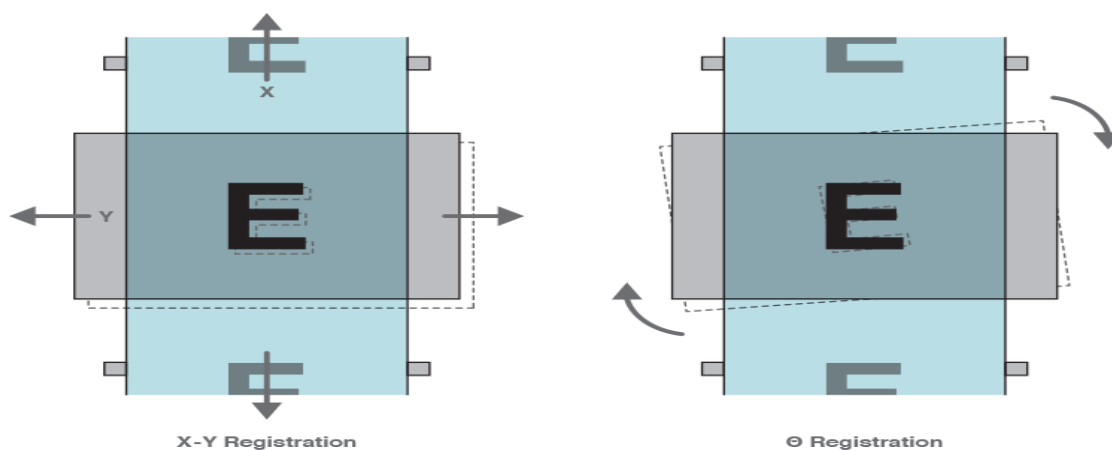
KUVA 6. Preco Advanced Flat Bed Cutter (Precoinc 2018.)

Precon muotoleikkurin tarkkuus perustuu paininten välissä oleviin kahteen optiseen kameraan. Kameran lukevat ja liikuttavat rainaa koneen mukaan asetettujen välien mukaan etsien niin kutsuttuja lokaatiopisteitä.



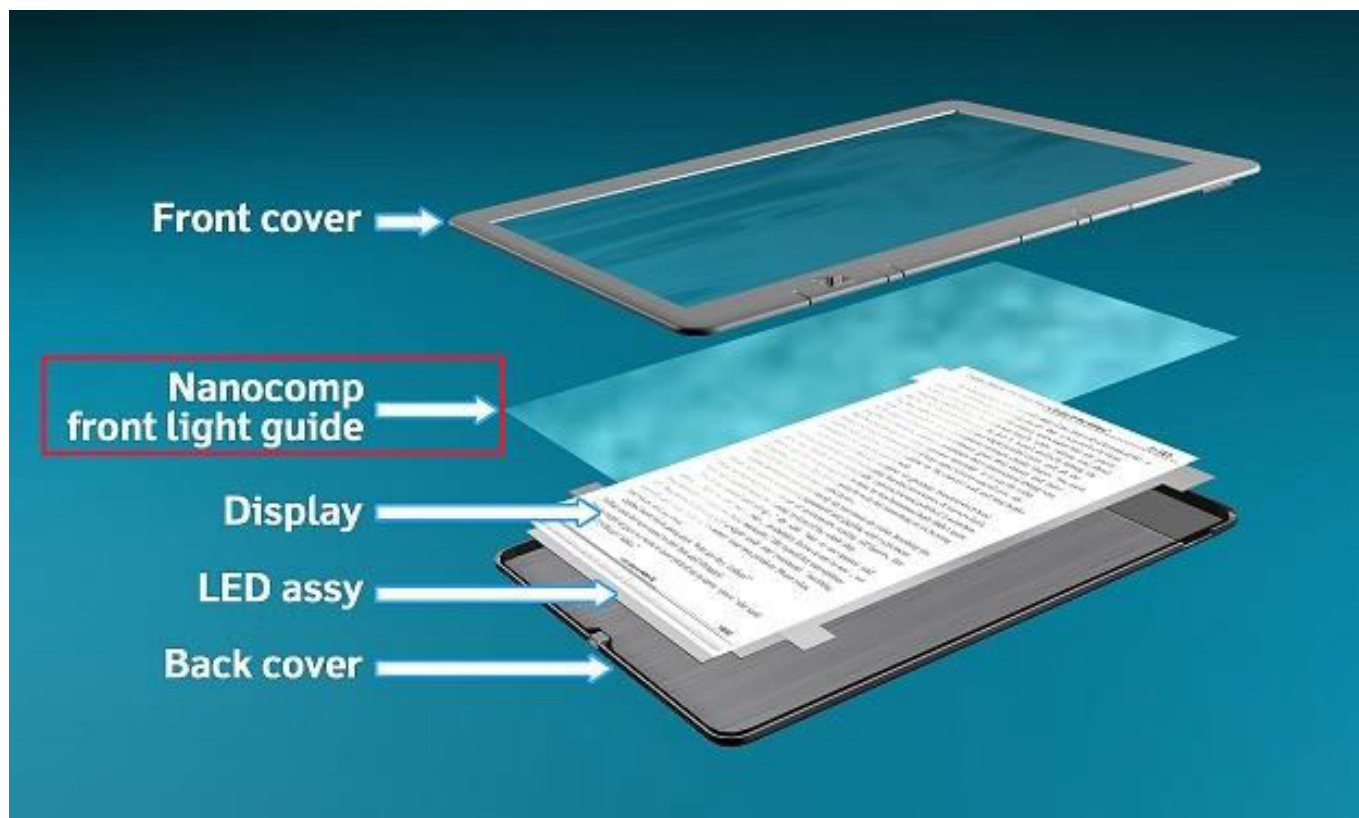
KUVA 7. Läpileikkauskuvat cutterin sisältä rollan ollessa paikallaan. (Precoinc 2018.)

Kameroiden löytäessä paikoituspisteet, Precon patentoitu kelluva bolsteri liikkuu kolmessa akselissa (X-Y-Theta) etsien juuri täydellisen paikoituksen jonka virhermarginaali on vain ± 0.0005 mm korkeintaan. X-akselin säätämisessä toimii rullasyöttö, jossa raina on kiinni. Syöttö siirtyy tietyn verran eteenpäin aina kun leikkuu on suoritettu, jotta uusi kappale saataisiin leikattua ja siirtyä kameroiden mukaan siihen suuntaan, mihin pisteet vaativat. Samaan aikaan sisällä oleva moottori siirtää koko bolsteri-kamera-kokoonpanoa Y-akselissa oikeaan kohtaan. Lopuksi Theta-akseli tarkistetaan erikseen sivulla olevalla moottorilla lopullinen rekisteröinti. (Precoinc 2018.)



KUVA 7. Akselien rekisteröinti (Precoinc 2018.)

Leikkaamisen jälkeen kappaleet menevät Teknek CM80-puhdistajan läpi, missä enimmät pinnalla olevat liat saadaan poistettua vaihdettavien tarrarullien avulla. Siitä kappaleet tulevat linjastolle, missä silmämääräisesti katsotut hyväksytyt kappaleet putoavat sadan kappaleen nipuiksi. Toinen tuotannon työntekijä tässä vaiheessa tekee vielä oman visuaalisen tarkastuksensa, jonka jälkeen niput puhdistetaan Teknekin Fastpad rullatelalla, kelmutetaan, pakataan sekä merkataan järjestystarralla ja lopuksi pakataan laatikoihin jotka viedään lähettämöön. Yhdestä rullasta tulee noin 3100-3300 kpl hyväksyttyä, riippuen huonojen kappaleiden määrästä.

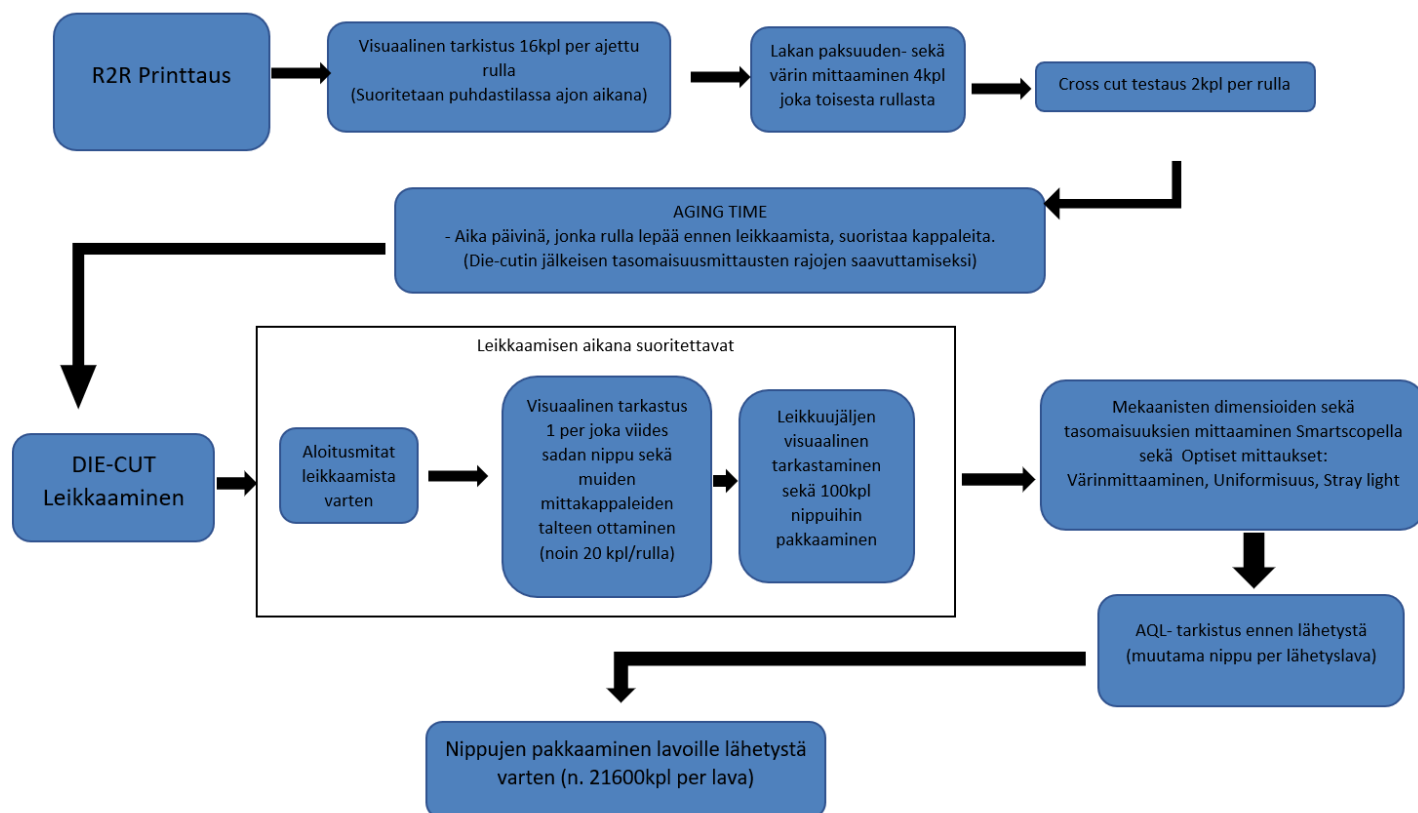


KUVA 8. Tuote lopullisessa muodossa valmiina asiakkaalle (Nanocomp 2018.)

3.6 Pakkaaminen

Lopuksi suoritetaan pakkaaminen lähetystä varten. Tässä vaiheessa otetaan hyllyssä makaavat laatikot, missä rullat ovat leikattuina (3100-3300kpl per laatikko). Lopullinen asiakkaalle lähtevä muoto on eurolava, jossa on 12 laatikkoa ja jokaiseen laatikkoon menee 1800kpl. Näin ollen yksi eurolava sisältää 21 600kpl ja tilausesta riippuen lavoja lähtee sen 3-5kpl parin viikon välein. Laatikoiden sisään laitetaan mukaan myös kaksi kappaletta pieniä silica gel pusseja, jotka vievät kosteuden pois laatikoista, eikä kappaleet näin vaurioidu kosteuden takia kuljetuksien aikana. Laatikot asetetaan eurolavan päälle kolmeen neljän laatikon pinoon, ja ne kiinnitetään

4 LAADUNVALVONTA



KUVA 9. Prosessikuvauskaavio (Samuli Pitkänen 2018.)

4.1 Visuaalinen tarkastaminen

Tuotteen visuaalisella tarkastamisella saadaan eliminointia silmämääräisenä huomattavat viat ja virheet. Kyseisellä keinolla saadaan huomattua esimerkiksi R2R-vaiheessa työkalussa olevat likapartikkelit, mitkä tekisivät rullasta asiakkaalle kelvottoman täysin. Visuaalinen tarkastus Die cut-leikkaamisen yhteydessä tehdään linjaston päässä, missä tuotannon operaattori näkee jokaisen tulevan kappaleen, ja saa sitä kautta poistettua ison osan viallisista kappaleista, samalla myös otetaan yksi per joka viidessadas kappale tarkistukseen, jossa katsotaan tarkemmin lakka, sekä leikkuun kohdistuksen tarkkuus. Yleisimmät poistettavat ovat kappaleita, joihin on mennyt kalvojen sisään pieniä likapartikkeleita, sekä naarmut ja halkeamat mitkä yleensä tulevat leikkausprosessista koituvista mahdollisista ongelmista. Pakkaava operaattori tarkastaa vielä nippujen sivut, missä poistetaan leikkuusta tulleet pienet halkeamat joita kutsutaan chippingiksi.

4.2 R2R ja die cut laatumittaukset

4.2.1 Smartscope

Nanocomp käyttää Smartsconen CNC 500 ja 250- laitteita erinäisten dimensiomittausten kanssa, joita tuotteet tarvitsevat. Näihin kuuluvat die cut vaihetta edeltävä paikoitusmittojen mittaaminen. Erinäisten lokaatiopisteiden kautta etsitään oikeat kohdat ja lopuksi pystytään säätämään kolmen eri pisteen paikoitusta, jolloin saadaan leikkaus oikeaan kohtaan. Specsina on näissä mittauksissa kolmessa eri pisteessä suunat $\pm 0,075\text{mm}$.

Leikkauksen jälkeisiin mittauksiin kuuluu tasomaisuuden, leikkauksen paikoitusten sekä reunalle jäävän leikkauskarheuden eli Burrin mitta. Tasomaisuuden specsit ovat asiakkaalta päin tulleet ja heidän rajansa ovat alkupään kappaleille 3,5mm kuperaa ja loppupäähän -0,5 koveralle puolelle. Specsien ulkopuolelle jäävät niput laitetaan karanteeniin, missä ne ajan myötä suoristuvat ja lähtevät asiakkaalle jälkeinpäin. Mittauksia suoritetaan neljä kappaletta specsien väliin meneviä hyviä kappaleita ja jos alku/loppupäästä menee failin puolelle, etsitään niput, jotka ovat specsissä.

Die cut leikkausmittauksissa katsotaan vielä jälkikäteen että leikkuu on pysynyt kohdillaan. Näissä mittauksissa on enemmän pisteitä, joilla saadaan nähtyä dimensioid oikein. Jos näissä mittauksissa tulee punaista, tietää se sitä että todennäköisesti seuraavatkin kappaleet rullaan loppuun asti ovat menneet punaiselle, mikä tietää sitä että jostain syystä (paikoitusmerkit väärin mennyt, leikkurin ajon aikana tapahtunut jotain tmv.) paikoitus on mennyt vikaan ja kyseiset kappaleet joutuvat hävitykseen. Mittauksia suoritetaan jokaisesta rullasta neljä kappaletta.

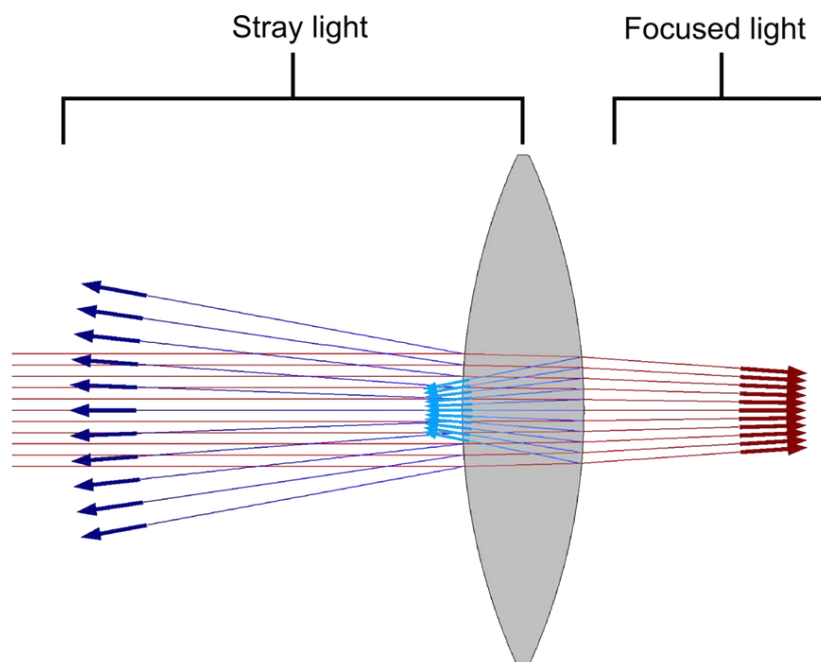
4.3 Optiset mittaukset

4.3.1 Uniformisuus

Uniformisuus eli valon tasaisuus käsittää valovoiman sekä luminanssin ja on niiden alimman arvon sekä keskiarvon välinen suhde. (E_{min} / E_{mid} / L_{min} / L_{mid}) Jossa E on valaistusvoimakkuus joka on valon intensiivisyyttä tiettyyn suuntaan määritettyä lumeniarvona, tässä tapauksessa standardiksi määritelty tietty lukuarvo. Sekä luku L on luminanssi, joka kuvaa pinnalta tai pisteestä tiettyyn suuntaan lähtevän valon kirkkautta. Mittaukset suoritetaan optisella kameralla laittamalla kappale valkoiselle pinnalle, johon johdetaan valo alhaalta, sekä laittamalla päälle paino. Uniformisuutta mitataan yhdeksästä eri pisteestä ja lopuksi kone itse laskee keskiarvot ja antaa pisteille pass/fail arvon.

4.3.2 Stray Light

Stray light on havaittavissa olevaa valoa, mutta joka ei kuulu mittausaallon pituuden kaistanleveyteen. Stray lightin vaikutus johtuu instrumentin valon siroonnasta, diffraktiosta tai toimintahäiriöstä. Stray light pienentää mitattavissa olevaa absorbanssialuetta ja absorbanssin välistä lineaarista suhdetta. Tämä voi olla ongelma, millä tahansa aallonpituudella, mutta jos instrumentin energianläpäisevyys vähenee, UV-säteilyyn siirryttäessä stray light vaikuttaa yhä enemmän mitattuihin arvoihin. (Hellma-analytics.)



KUVA 10. Stray light (Comsol 2018.)

Mittauksen tarkoituksena on siis arvioida, onko rakenteessa tapahtunut muutoksia. Risteyspisteiden intensiteettiä verrataan referenssimallien vastaaviin arvoihin. Stray lightiä mitataan kolmesta eri pisteestä, jotka antavat lopuksi arvon, joka specsien mukaan on joko pass/fail. Mittaus toimii muuten samalla tavalla kuin uniformisuus, paitsi mittauspisteitä on vain kolme sekä kappaleen alle asetetaan musta paperinpala, jolloin saadaan tarkat stray light arvot.

4.3.3 Värimittaus

Värimittauksessa varmistetaan väritasot koko light guide alueella. Led päästä end päähän. Mittauksissa tarkastellaan värin pysymistä halutulla alueella. Tavoitteena on siis mahdollisimman valkoinen kappale, joten tällä mittauksella saadaan varmistettua etteivät tuotteet ole kellertäviä. Mittaus suoritetaan laittamalla toiseen valojohteeseen kappale kiinni, päälle muovinen paino, jossa on yhdeksässä kohdassa kameran linssin kokoiset reiät (kolme kappaletta kolmella rivillä). Lopuksi reikä kerrallaan käytetään kameraa mittaamassa väritasot. Arvot tulevat excel-taulukkoon, missä määritetään jälleen onko kappaleet pass/fail.

4.4 Tasomaisuuden parantaminen lämpökäsittelyllä

PMMA-kappaleilla on tasomaisuuden rajat tarkemmat ($\pm 0,5\text{mm}$) joten niille kappaleille tarvitaan suorittaa lämpökäsittelyä jotta kappaleita saataisiin suoremiksi. Valmiiksi leikatut kappaleet laitetaan 60 asteiseen uuniin painojen alle neljäksi tunniksi lepäämään. Tämä prosessi suoristaa kappaleita, jolloin suurin osa meneekin jo rajojen sisällä. Miinuspuolena tässä on se, että uunitus

kellastuttaa kappaleita, ja tavoitteena on lähettää kuitenkin samantasoisia kappaleita. Tämän takia pitää siis uunittaa joko kaikki kappaleet tai ei yhtäkään, kuitenkin pieni kellastuminen menee specseistä läpi toisin kuin liian käyrät kappaleet.

4.5 Spekle tarkastaminen valojigissä

PMMA-rullien kanssa suurena ongelmana on ollut pienet specler eli mikroskooppisen pienet kappaleet kappaleiden sisällä, mitkä kuitenkin valon läpäistessään tekevät pieniä valkoisia pisteitä. Näitä varten suoritetaan Specle tarkastusta pimeässä huoneessa jossa katsotaan valon läpi valojigissä jokainen kappale yksitellen, löytyykö niistä kyseisiä täppiä. Prosessi on erittäin hidas sillä kappaleita tulee kuitenkin rullaa kohti se 3000-3200.

4.6 AQL

AQL, Acceptance Quality limit tai vapaasti suomennettuna hyväksyttävät laaturajat tarkoittavat laatutasoa joka on huonoin hyväksyttävä määrä lähetettävää tavaraa ISO 2859-1 standardin mukaan. Standardi esittää suurimman määrän hylättyjä kappaleita prosentteina, minkä jälkeen erä tulee hylätä jos kyseinen määrä ylittyy. Maahantuojaat yleensä määrittävät erilaiset AQL- arvot eritasoisille vioille. (Qualityinspection 2018.)

AQL tarkastukseen käytettävä apuväline on taulukko, jossa lähetettävien tavaroiden määrällä sekä asetetulla inspection levelillä voidaan katsoa tietty kirjain, jonka mukaan tehdään AQL-tarkastus lähtevästä tavarasta. Kuvan esimerkissä näkyy, että tilaus menee 3201 ja 10000 kpl väliin levelillä 2, joten kirjaimeksi muodostuu L.

| Lot size (Number of ordered products) | | | General inspection levels | | |
|---------------------------------------|----------|---------|---------------------------|----|-----|
| | | | I | II | III |
| 2 | to | 8 | A | A | B |
| 9 | to | 15 | A | B | C |
| 16 | to | 25 | B | C | D |
| 26 | to | 50 | C | D | E |
| 51 | to | 90 | C | E | F |
| 91 | to | 150 | D | F | G |
| 151 | to | 280 | E | G | H |
| 281 | to | 500 | F | H | J |
| 501 | to | 1,200 | G | J | K |
| 1,201 | to | 3,200 | H | K | L |
| 3,201 | to | 10,000 | J | L | M |
| 10,001 | to | 35,000 | K | M | N |
| 35,001 | to | 150,000 | L | N | P |
| 150,001 | to | 500,000 | M | P | Q |
| 500,001 | and over | | N | Q | R |

KUVA 11. Havainnekuva AQL taulukosta (Qualityinspection 2018.)

Sen jälkeen mennään seuraavaan tarkastustaulukkoon, ja katsotaan sieltä kohta L, mikä kertoo sample sizen eli tarkistettavien kappaleiden määrän. hyväksyttävien määrän näkee lopulta kohdasta, mikä on sovittu AQL-rajaksi. Esimerkkinä alla olevassa taulukossa 2,5 mikä tarkoittaa, että 200 kappaletta tarkistetaan ja jos löytyy yli 10 huonoa kappaletta, ei lähetystä laiteta menemään eteenpäin.

Nanocomp on määrittänyt asiakkaidensa kanssa omat AQL-rajansa ja heillä on oma taulukko siihen käyttötarkoitukseen.

| Code letter | Sample size | | | | | |
|-------------|-------------|------|------|------|------|------|
| | | 1.0 | 1.5 | 2.5 | 4.0 | 6.5 |
| A | 2 | ≤ 0 | ≤ 0 | ≤ 0 | ≤ 0 | ≤ 0 |
| B | 3 | ≤ 0 | ≤ 0 | ≤ 0 | ≤ 0 | ≤ 0 |
| C | 5 | ≤ 0 | ≤ 0 | ≤ 0 | ≤ 0 | ≤ 1 |
| D | 8 | ≤ 0 | ≤ 0 | ≤ 0 | ≤ 1 | ≤ 1 |
| E | 13 | ≤ 0 | ≤ 0 | ≤ 1 | ≤ 1 | ≤ 2 |
| F | 20 | ≤ 0 | ≤ 1 | ≤ 1 | ≤ 2 | ≤ 3 |
| G | 32 | ≤ 1 | ≤ 1 | ≤ 2 | ≤ 3 | ≤ 5 |
| H | 50 | ≤ 1 | ≤ 2 | ≤ 3 | ≤ 5 | ≤ 7 |
| J | 80 | ≤ 2 | ≤ 3 | ≤ 5 | ≤ 7 | ≤ 10 |
| K | 125 | ≤ 3 | ≤ 5 | ≤ 7 | ≤ 10 | ≤ 14 |
| L | 200 | ≤ 5 | ≤ 7 | ≤ 10 | ≤ 14 | ≤ 21 |
| M | 315 | ≤ 7 | ≤ 10 | ≤ 14 | ≤ 21 | ≤ 21 |
| N | 500 | ≤ 10 | ≤ 14 | ≤ 21 | ≤ 21 | ≤ 21 |
| P | 800 | ≤ 14 | ≤ 21 | ≤ 21 | ≤ 21 | ≤ 21 |
| Q | 1,250 | ≤ 21 | ≤ 21 | ≤ 21 | ≤ 21 | ≤ 21 |
| R | 2,000 | ≤ 21 | ≤ 21 | ≤ 21 | ≤ 21 | ≤ 21 |

KUVA 12. Toinen havainnekuva mistä katsotaan tarkistettavien määrä sekä pass/fail (Qualityinspection 2018.)

5 TYÖN TOTEUTUKSEN KUVAUS

Yritys halusi opinnäytetyön avulla saada aluilleen toimivaa Excel-matriisia, johon voitaisiin sisällyttää kaikki tarvittava data heidän eri työvaiheiden määristä ajoista, materiaaleista sekä henkilöstömäärästä. Samalla mietittiin onko helpompi rullamuodossa Kiinaan lähettäminen vai kokonaan suomessa tekeminen sekä niihin tehtäviä laskelmia. Työstä rajattiin heti alkuun finanssipuoli eli materiaalien ostot sekä muut kulut mitä kaikesta työvaiheesta tulisi, ja keskityttiin lähinnä tuotannon optimointiin. Ensimmäisenä vaiheena olikin kaikkien tuotantoprosessien läpikäyminen, jonka jälkeen oli mahdollista aloittaa miettimään tuotantomääriä sekä aikoja mitä mikäkin työvaihe veisi.

Työn rajaaminen tarkoitti, että kustannuspuolella ei lähdetty miettimään, paljonka materiaalit kustantavat sekä tehtävä työ. Joten tämän takia prosessin alussa onkin valmiina saatavilla vaadittava määrä printattavia rullia, molemminpuolisia kalvoja sekä lakkasekoitetta. Työssä lähinnä mietinnässä oli rullien kokonaan lopputuotteeksi valmistaminen Suomessa tai rullina lähettäminen Kiinaan, missä olisi hoidettu leikkaukset sekä mittaamiset.

Työn toteuttamisen aloitus oli osin helppoa jo valmiiksi löytyneen viiden kesän työkokemuksen pohjalta Die-cut leikkurin parissa, joten siihen liittyvät asiat olivat muistissa ja tiedossa jo valmiiksi. Työn tekeminen aloitettiinkin tutustumalla kaikkiin vaiheisiin perinpohjaisesti paikan päällä katsellessa, sekä tietoja ja Nanocompin omaa dataa tutkimalla.

Lopputuloksena saatiinkin kasaan Excel-taulukon pohja, missä ensimmäistä saraketta muokkaamalla saataisiin katsottua päivien perusteella kestoa tuotannon valmistumisesta, sekä tarvittavista määristä, koneista, vuoroista sekä työntekijöistä, paljonko tarvittaisiin kyseisten määrien saavuttamiseen.

6 OPINNÄYTETYÖ

Tässä osassa käydään läpi itse lopullista työtä, joka saatiin siihen malliin valmiiksi Nanocompille, jotta heillä asiasta enemmän osaavat ja työkseen kyseisiä asioita pyörittävät henkilöt pystyvät tekemään muokkauksiaan ja haluamiaan lisäyksiä pohjaan vaivatta. Ensimmäinen sivu taulukossa tuli olemaan niin kutsuttu imput sheet, johon käyttäjä itse sai laittaa vaadittavat arvot, jota muut sivut hyödynsivät laskelmissaan. Tämän jälkeen olisi omat sheetit, jotka sisältäisivät tuotannon R2R, DC sekä lämpökäsittelyn ja mittaukset. lopuksi myös Suomessa kokonaan tuotettaviin ja rullamuodossa Kiinaan lähetettävälle ja siellä loppuun käsiteltävälle tuli tehdä kaaviot, joista näkisi tuotannon kestoa päivissä.

Lyhyesti tiivistettynä työn tarkoituksena on näyttää kaiken ylimääräisen jälkeen keskimääräinen per henkilö/vuoro/työpäivät, sekä vertailla kyseisiä arvoja niihin mitä vaadittaisiin saamaan tarvittava viikottainen myynti X.

6.1 Lähtöarvojen määrittäminen

Jotta saataisiin taulukon kaavat toimimaan, oli löydettävä jo valmiiksi olevia lähtöarvoja tukemaan taulukon toimintaa. Näitä löytyi Nanocompin arkistoista monien vuosien takaa ja myös kyselemällä henkilöstöltä, oli arvojen löytäminen varsin yksinkertainen homma. Näistä löydettiin pohjat niin materiaalmäärille kuin kestoille ja hukkamäärille. Yhden rullan mitta on 410 metriä ja datan mukaan metriä kohden mahtuu 8,51 kappaletta joten aloituskappalemäärä olisi 3489 ja siitä lähdettäisiin liikkeelle laskemaan eri prosesseissa tulevaa hukkaa.

6.1.1 Tuottavuusprosentti

Yield% eli vapaasti suomennettuna tuottavuusprosentti on tässä tapauksessa arvo, mikä näyttää kuinka monta prosenttia tuotetusta tavarasta on hyvää, ja loput menevät syystä tai toisesta hävitykseen (esimerkiksi mittakappaleet tai muuten vain rikkoutuneet yms.) Työssä käytettiin R2R- sekä DC -prosesseissa arvoa 93%, lämpökäsittelyssä 99% ja mittauksissa optisiin 99% ja valojigillä suoritettaviin 84%. Tämä antoi kokonaisyieldiksi 72% kun arvot kerrottiin yhteen. Esitykseen on valittu ohjeelliset saantoarvot.

6.2 Input sheet

Työn tärkeimpänä osana oli kyseinen input sheet, johon oli tarkoitus tulla lähestulkoon kaikki muutettavat luvut, sekä kyseistä sheetiä säätämällä saataisiin tutkittua vaadittuja arvoja. Kiinan arvoja taulukossa ei ole vielä, sillä tarvittavaa dataa ei ollut vielä saatavilla. Kyseisessä sarakkeessa tehtiinkin pohjaa tulevaisuuden Kiinan tuotantoa varten.

Sheetin pääperiaatteena toimii siis se, että laitetaan vaadittavat weekly sales määrät, jolloin oikealla olevat outputit laskee vaadittavan määrän, jotta kyseinen määrä saataisiin viikkoon tehtyä. Koneita, vuoroja per päivä sekä päivien määrää säätämällä saadaan taas calculated outputiin arvo, joka

kyseisillä määrillä toimisi (tarkemmin kaavoista sekä yleistä seuraavissa sheeteissä käydään läpi). Vähentämällä calculated output needed outputilla saadaan arvo Delta pcs, joka kertoo taas meneekö tuotanto yli vai alle vaaditun tavoitteen.

| Through output | | | | | |
|----------------|----------------------|----------|---------------|----------|---------------|
| Yield | | pcs | | pcs | |
| 72 % | Needed weekly sales | 40 000 | | 10 000 | |
| | | FINLAND | | CHINA | |
| | | | | | |
| Yield | | Quantity | Persons/shift | Quantity | Persons/shift |
| 93 % | R2R | | | | |
| | Embossing machines | 1 | | 0 | |
| | Working shifts / day | 1 | 2 | 0 | 0 |
| | Working days / week | 5 | | 0 | |
| 93 % | Die cut | | | | |
| | Die cut machines | 1 | | 1 | |
| | Working shifts / day | 1 | 2 | 1 | 2 |
| | Working days / week | 5 | | 5 | |
| 99 % | Heat Treatment | | | | |
| | Ovens | 1 | | 1 | |
| | Working shifts / day | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Working days / week | 5 | | 5 | |
| 84 % | Measurements | | | | |
| 99 % | Dimensions, optical | | 1 | | 1 |
| 85 % | FLO inspection | | 5 | | 5 |
| | Working shifts / day | 2 | | 2 | |
| | Working days / week | 5 | | 5 | |
| | | | | | |

TAULUKKO 1. Data sheet, tuotantomäärien säätäminen (Samuli Pitkänen 2018.)

| FINLAND | | | CHINA | | |
|------------|------------|-----------|------------|------------|-----------|
| Needed | Calculated | | Needed | Calculated | |
| Output pcs | output pcs | Delta pcs | Output pcs | output pcs | Delta pcs |
| 52 332 | 78747 | 26 416 | 13 083 | 0 | 0 |
| 65 415 | | 13 333 | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| 48 014 | 58685 | 10 670 | 12 004 | 58685 | 46 681 |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| 47 534 | 6000 | -41 534 | 11 884 | 6000 | -5 884 |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| 40 000 | 57375 | 17 375 | 10 000 | 57375 | 47 375 |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

TAULUKKO 2. Tarvittava ja tuotettava määrä sekä Delta per maa ja yhteenlaskettu delta.
(Samuli Pitkänen 2018.)

6.2.1 Lean-ajattelu

Lean-ajattelun mukaan yrityksen tehtävä on tuottaa asiakkaalle ja itselleen arvoa. Työhön käytettävää aikaa kutsutaan läpimenoajaksi joka pitää sisällään arvoa lisäävää ja ei-lisäävää aikaa. Arvoa lisäävällä tarkoitetaan asioita joista asiakas olisi valmis maksamaan suoraan tai epäsuoraan. (Six sigma 2018.) Toyotan 7 hukan eli Mudan mukaan toiminnallista hukkaa ovat niin ylituotanto, varasto odottaminen kuin turha työ tässä tapauksessa.

Liika tuotanto siis on ei arvoa lisäävää. Joten tavoitearvoina säätämisien kanssa on saada Delta arvo positiiviseksi mutta kuitenkin mahdollisimman lähelle nollaa. Kuvassa huomataankin, että lämpökäsittelyn osalta ei lähellekään tuotantomäärät täyty ja siellä pitää tehdä muutoksia.

6.3 Rullapainon tuotanto

Toinen sheetti pitää sisällään R2R tuotannon ja se kertoo määrät mitä rullapainossa saadaan tuotettua. Tässä muokattavissa on Yield% eli prosentuaalinen osuus huonoista kappaleista mitkä menevät hävitettäväksi tai muuten ajon aikana hukkaan. Taulukosta nähdään kätevästi vaadittava määrä rullia sekä kappaleita per päivä. Kappaleiden määrä on saatu laskettua oletusarvolla, jonka mukaan yhteen metriin mahtuu 8,51 kappaletta. Input osiona käytetään rullan aloitusmittaa ja siitä tulevia mahdollisia kappaleita, ja outputina vähennetään set-up eli asennusmetrit ja kerrotaan yieldiprosentilla. Todellinen rullien saanti on siis lopullinen output, jossa otettu oletusarvoiset huonot kappaleet pois ja se kerrottu ajettavien rullien määrällä.

| FINLAND | | | CHINA | | | | | | | |
|--------------------------|--------|-------|--------------------------|--------|-------|---------------------------------|-------|---------------|--------|-------|
| Needed weekly sales | 40 000 | Pcs | Needed weekly sales | 10 000 | Pcs | Input / Output roll information | | | | |
| Needed R2R weekly output | 17 | Rolls | Needed R2R weekly output | 4 | Rolls | Meters | | Pcs | | |
| Needed R2R weekly output | 52 332 | Pcs | Needed R2R weekly output | 13 083 | Pcs | Input | 410 | 3489 | | |
| R2R machines | 1 | | R2R machines | 0 | | Output | 372 | 3166 | | |
| Working shifts | 1 | | Working shifts | 0 | | 1 R2R machine input | | | | |
| Operators per shift | 2 | | Operators per shift | 0 | | Operators | Rolls | Set-up meters | Meters | pcs |
| Yield | 93 % | | Yield | 93 % | | 1 | 3 | 10 | 1200 | 10127 |
| Rolls / day | 5 | | Rolls / day | 0 | | 2 | 5 | 10 | 2000 | 16935 |
| Pcs / day | 15749 | | Pcs / day | 0 | | | | | | |
| Rolls / week | 25 | | Rolls / week | 0 | | Aging time | | | | |
| Pcs / week | 78747 | | Pcs / week | 0 | | FINLAND | CHINA | | | |
| Rolls / month | 100 | | Rolls / month | 0 | | 1 | 3 | | | |
| Pcs / month | 314989 | | Pcs / month | 0 | | | | | | |

TAULUKKO 3. R2R production sheet (Samuli Pitkänen 2018.)

Materiaalimäärien seuranta tehdään yksinkertaisesti siten, että laitetaan lähtöarvot materials information sarakkeeseen ja daily, weekly sekä monthly needs lasketaan kertomalla tarvittavien rullien määrällä kyseiset arvot. PC rullat tuli suoraan rullamäärästä, Lakkasekoitteen arvot taas kertomalla litramäärä rullien määrällä sekä molemminpuolin tulevat kalvot kertomalla kahdella rullamäärä. Viikot saatiin taas kertomalla päivittäiset arvot viidellä ja kuukauden tarpeen kertomalla viikottaiset neljällä.

| Materials information | | |
|--------------------------|------|---------------|
| PC supplier 1 | 410 | Meters / roll |
| Lacquer | 1,5 | Liters / roll |
| Protection foil supplier | 2 | Roll / Roll |
| Daily material needs | | |
| PC supplier 1 | 5 | Rolls |
| Lacquer | 7,5 | Liters |
| Protection foil supplier | 10 | Rolls |
| Weekly material needs | | |
| PC supplier 1 | 25 | Rolls |
| Lacquer | 37,5 | Liters |
| Protection foil supplier | 50 | Rolls |
| Monthly material needs | | |
| PC supplier 1 | 100 | Rolls |
| Lacquer | 150 | Liters |
| Protection foil supplier | 200 | Rolls |

TAULUKKO 4. Materiaalimäärien seuraaminen (Samuli Pitkänen 2018.)

6.4 Die cutin tuotanto.

Die cut production sheetin peruseriaate on sama kuin R2R:ssä, lukuunottamatta lähtöarvoja. Set up metrit ovat pienemmät sekä operaattorien tuottama rullamäärä eri. Tässä vaiheessa piti kuitenkin inputiin ottaa huomioon jo ennestään menneet hukkakappaleet joten siksi lähtöarvo metreissä on pienempi kuin R2R vaiheessa.

| FINLAND | | | CHINA | | |
|------------------------------------|--------|-------|------------------------------------|--------|-------|
| Needed weekly volume | 40 000 | Pcs | Needed weekly volume | 10 000 | Pcs |
| Right needed Die Cut weekly output | 17 | Rolls | Right needed Die Cut weekly output | 4 | Rolls |
| Right needed Die Cut weekly output | 48 014 | Pcs | Right needed Die Cut weekly output | 12 004 | Pcs |
| Die Cut machines | 1 | | Die Cut machines | 1 | |
| Working shifts | 1 | | Working shifts | 1 | |
| Operators per shift | 2 | | Operators per shift | 2 | |
| Yield | 93 % | | Yield | 93 % | |
| Rolls / day | 4 | | Rolls / day | 4 | |
| Pcs / day | 11737 | | Pcs / day | 11737 | |
| Rolls / week | 20 | | Rolls / week | 20 | |
| Pcs / week | 58685 | | Pcs / week | 58685 | |
| Rolls / month | 80 | | Rolls / month | 80 | |
| Pcs / month | 234738 | | Pcs / month | 234738 | |

| Input / Output roll information | | | | |
|---------------------------------|--------|------|--|--|
| | Meters | Pcs | | |
| Input | 372 | 3166 | | |
| Output | 341 | 2905 | | |

| 1 Die Cut machine input | | | | |
|-------------------------|-------|---------------|--------|-------|
| Operators | Rolls | Set-up meters | Meters | pcs |
| 1 | 2 | 5 | 744 | 6289 |
| 2 | 4 | 5 | 1488 | 12620 |

TAULUKKO 5. Die cut production sheet (Samuli Pitkänen 2018.)

6.5 Lämpökäsittely

Lämpökäsittelyssä voidaan uunien, operaattorien sekä vuorojen kautta tutkia, kuinka paljon saataisiin tuotettua vaadituilla dimensioilla. Uunin kapasiteetiksi todettiin 600 kappaletta sekä operaattoreita ei tarvittu kuin yksi kappale. Lämpötilan muutoksella ei ollut mitään merkitystä kaavoihin, mutta ajan muutoksella saataisiin suurempia muuttujia aikaan. Tietenkin lyhyemmät ajat tuottavat liian käyriä kappaleita, sekä pidempi uunitus kellertävämpiä kappaleita joten kyseinen neljä tuntia on todettu parhaaksi ajaksi. Kyseinen vaihe ei pitkitä tuotannon aikaa, sillä kappaleiden uuniin laitto sekä 4h välein vaihtaminen ei vaikuta tuotannon tehtäviin näkyvällä tavalla. Inputina jälleen kerran edellisestä vaiheesta valmistuneet output-kappaleet.

| FINLAND | | | CHINA | | | | | | | | |
|------------------------------------|--------|-----|------------------------------------|--------|-----|---------------------------------|------------|----------------|---------------|---------|-------------|
| Needed weekly volume | 40 000 | pcs | Needed weekly volume | 10 000 | pcs | | | | | | |
| Right needed Heat Treatment output | 47 534 | pcs | Right needed Heat Treatment output | 11 884 | pcs | | | | | | |
| Ovens | 1 | | Ovens | 1 | | Input / Output roll information | | | | | |
| Working shifts | 1 | | Working shifts | 1 | | | Meters | Pcs | | | |
| Operators per shift | 1 | | Operators per shift | 1 | | Input | 341 | 2905 | | | |
| Yield | 99 % | | Yield | 99 % | | Output | 338 | 2876 | | | |
| Pcs / day | 1200 | | Pcs / day | 1200 | | 1 oven input | Parameters | | 1 oven output | | |
| Pcs / week | 6000 | | Pcs / week | 6000 | | Operators | pcs | Temperature C° | Time h | pcs / h | pcs / shift |
| Pcs / month | 24000 | | Pcs / month | 24000 | | 1 | 600 | 60 | 4 | 150 | 1200 |

TAULUKKO 6. Heat threatment (Samuli Pitkänen 2018.)

6.6 Mittaukset

Mittatulosten laskemisessa lähinnä katselmuksessa oli FLO eli valojigillä suoritettavat tarkastukset. Keskimääräiseksi mittausajaksi mitattiin noin 20 sekuntia per kappale, joka toi vuoroa kohden 1350kpl. Kertomalla vuorojen ja operaattorien määrällä sekä Yield FLO, saatiin päivittäisten kappaleiden arvo. Optisten dimensioiden laskelmat olivat vielä saavuttamattomissa, sillä ne tehdään lähinnä R2R ja Die cut leikkausten aikana. Tämän takia kyseinen taulukko jätettiin kesken, mutta kuitenkin pohja löytyy jos tarkempia aikoja saadaan.

| | | | | | | | | | |
|---------------------------------|--------|-----|---------------------------------|--------|-----|---------------------------------|-----------|-----------|-------------|
| Needed weekly volume | 40 000 | pcs | Needed weekly volume | 10 000 | pcs | Input / Output roll information | | | |
| Needed output | 40 000 | pcs | Needed output | 10 000 | pcs | | Meters | Pcs | |
| Working shifts | 2 | | Working shifts | 2 | | Input | 338 | 2876 | |
| Operators, dimensions / optical | 1 | | Operators, dimensions / optical | 1 | | Output | 284 | 2420 | |
| Operators, FLO inspection | 5 | | Operators, FLO inspection | 5 | | Dimensions / optical inspection | | | |
| Yield Dimensions / optical | 99 % | | Yield Dimensions / optical | 99 % | | Operators | sec / pcs | pcs / h | pcs / shift |
| Yield FLO | 85 % | | Yield FLO | 85 % | | 1 | 1 | 0 | #JAKO/0! |
| Pcs / day | 11475 | | Pcs / day | 11475 | | FLO inspection | | | |
| Pcs / week | 57375 | | Pcs / week | 57375 | | Operators | sec / pcs | pcs / h | pcs / shift |
| Pcs / month | 229500 | | Pcs / month | 229500 | | 1 | 20 | 180 | 1350 |
| | | | | | | Packing | | Logistics | |
| | | | | | | FINLAND | CHINA | FINLAND | CHINA |
| | | | | | | Days | Days | Days | Days |
| | | | | | | 1 | 1 | 5 | 2 |

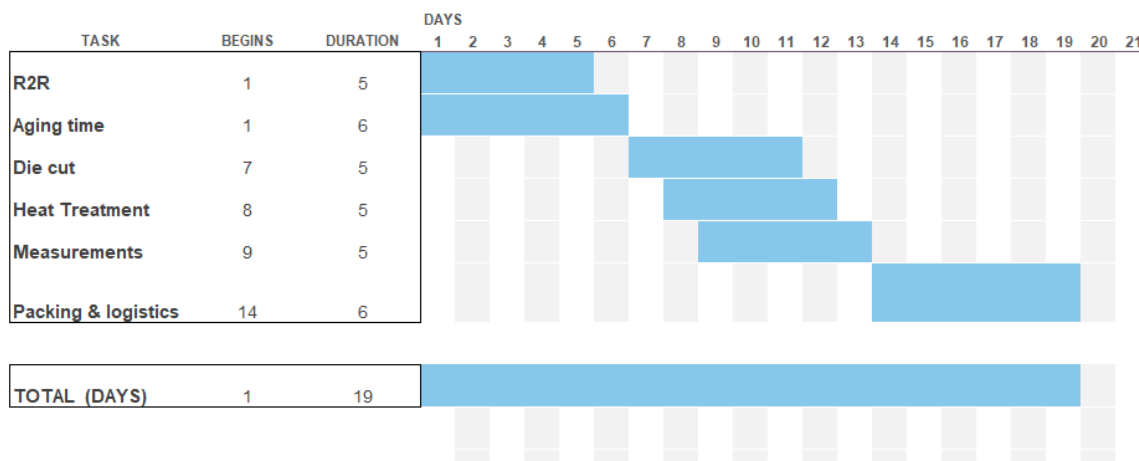
TAULUKKO 7. Measurements (Samuli Pitkänen 2018.)

6.7 Toimitusaika

Helpoimpana metodina ajanjaksojen seurantaan oli tehdä Gant-kaaviot, joiden kautta nähtäisiin kuinka kauan menisi aikaa tuottaa Suomessa kokonaan valmiiksi ja lähettää Kiinaan, tai kun Suomessa hoidettaisiin R2R vaihe vain, ja lähetetäisiin rullamuodossa Kiinaan missä he tekisivät tekisivät leikkaamisen sekä mittaamisen ja muut vaadittavat toimenpiteet. Kuvissa (x ja y) on nähtävissä viisipäiväisen tuotannon seuranta.

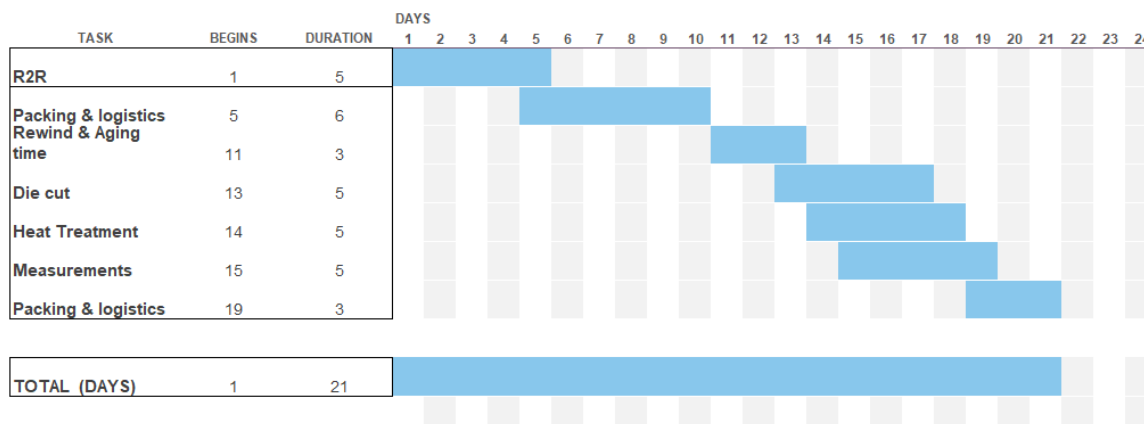
Nopeasti tutkittuna huomataan Suomen tuotannon olevan kaksi päivää nopeampaa verrattuna Kiinan tuotantoon. Kyseisissä kuvioissa ei kuitenkaan oteta huomioon kiinassa toimivaa kuuden päivän työviikkoa, sekä arvot ovat vain arvioita ajoista mitä menisi mihinkin työvaiheeseen. Kuitenkin Kiinaan siirryttäessä niin kutsuttu kotimainen status kärsii ja työpaikkoja joudutaan Suomen puolelta vähentämään, sillä kiinassa tuottaminen tulisi pidemmän päälle halvemmaksi. Näihin asioihin ei kuitenkaan tässä opinnäytetyössä enempää perehdytty.

Finland



TAULUKKO 8. Lopputuotteeksi asti valmistus Suomessa (Samuli Pitkänen 2018.)

Finland (R2R) + China



TAULUKKO 9. Rullamuodossa valmistus Suomessa ja loput kiinassa (Samuli Pitkänen 2018.)

7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO

Insinööriyön aiheena oli tutustua Nanocompin tuotannon eri vaiheisiin, päätuotteen eli light guiden osalta. Jotta päästiin tekemään toimivaa Excel matriisia, oli ensiksi käytävä läpi kaikki tuotannossa tapahtuvat työvaiheet, sekä niihin liittyvät ajat, määrät sekä muut muuttujat. Tavoitteena oli lopuksi saada valmis Excel-pohja, jossa materiaali- henkilöstö- sekä vuoromäärillä pystyttäisiin säätämään eri osa-alueiden määriä vastaamaan tarvittavaa tilauskantaa. Mukaan piti liittää myös rullamuodossa Kiinaan lähettäminen tulevaisuuden suunnitelmia varten.

Lopputuloksiksi saatiinkin pohja, joka pyörittää R2R, DC sekä mittauksien tuottavia määriä arvoja muuttaessa sekä vertailee niitä vaadittaviin tuotantomääriin. Tulevaisuutta varten pohjaan on myös

varsin helppo lisätä uusia työvaiheita sekä aikamääreiden ja määrien muokkaaminen on tehty varsin helpoksi keltaisten merkintöjen avulla.

Työn tavoitteet saavutettiin, sekä opinnäytetyöksi tehty työkalu todettiin Nanocompin puolelta toimivaksi ja helpoksi käyttää. He tulevat käyttämään kyseistä pohjaa omiin suunnitelmiinsa, ja lisäävät tarvittavia dimensioita tarpeen mukaan.

8 LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

NANOCOMP 2018. [verkkosivu] Nanocomp Oy Ltd [viitattu 12.4.2018]

Saatavissa: <https://www.nanocomp.fi/>

HARPER, Charles A. 2005. Handbook of Plastic Processes. John Wiley & Sons: USA

HARPER, Charles A. 2003. Plastics Materials and Processes. John Wiley & Sons: USA

VALUATLAS. 2018. [verkkosivu] Polymetyylimetakrylaatti (PMMA) Technical University of Gabrovo. KOLEVA M. Kääntänyt: NYKÄNEN S. Tampereen teknillinen yliopisto [viitattu 17.4.2018]

Saatavissa: http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/plastics_PMMA_FI.pdf

CREATIVE MECHANISMS. [verkkosivu] Plastic comparison: PC versus PMMA. [viitattu 17.4.2018]

Saatavissa: <https://www.creativemechanisms.com/blog/plastic-comparison-polycarbonate-pc-versus-acrylic-pmma>

INTRODUCTION TO CORONA TREATMENT. [verkkosivu] JAMIESON R. 2014 [viitattu 19.4.2018]

Saatavissa: <https://stickwithusblog.wordpress.com/2014/01/07/introduction-to-corona-treatment/>

PRECO. [verkkosivu] Flat Bed Die Cutter. [viitattu 20.3.2018]

Saatavissa: <http://www.precoinc.com/equipment-manufacturing/die-cutting-systems/flat-bed-die-cutter>

Suurimmat lähteet ja tiedot löytyivät työskennellessä paikan päällä sekä Nanocompin omilta servereiltä.

